

PCTWELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)(51) Internationale Patentklassifikation⁶:

G01C 15/02, G02B 5/122, G01B 11/00

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 97/27453**(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum:

31. Juli 1997 (31.07.97)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP97/00216

(22) Internationales Anmeldedatum: 17. Januar 1997 (17.01.97)

(30) Prioritätsdaten:
196 02 327.0 24. Januar 1996 (24.01.96) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): LEICA
AG [CH/CH]; Postfach, CH-9435 Heerbrugg (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MEIER, Dietrich [CH/CH];
Leimenweg 12, CH-5015 Niedererlinsbach (CH).
SCHERTENLEIB, Werner [CH/CH]; Gehrenstrasse 38 B,
CH-5037 Muhen (CH).(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, JP, KR, US, europäisches
Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht

*Mit internationalem Recherchenbericht.**Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen
Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen
eintreffen.*

(54) Title: MEASURING BALL REFLECTOR

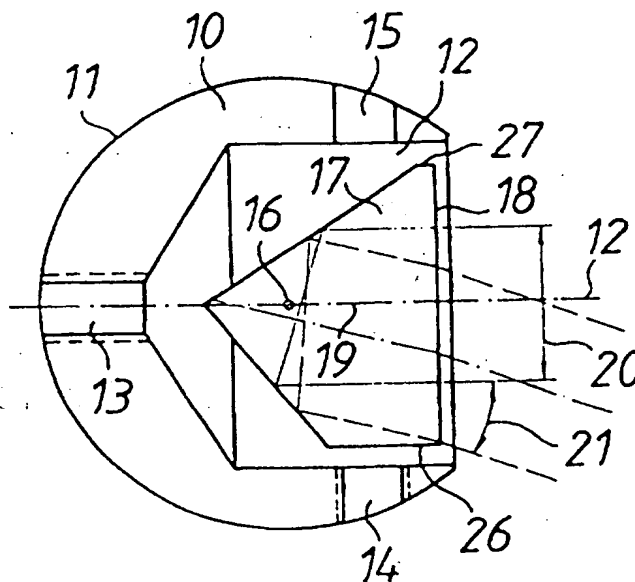
(54) Bezeichnung: MESSKUGEL-REFLEKTOR

(57) Abstract

Measuring ball reflector for measuring direction and/or distance characterized in that the measuring ball (10) features a retroreflecting triple prism (17), the base surface of which cuts a part of the measuring ball surface (11) and the height of which is approximately equal to the radius of the measuring ball (10) and where the centre (16) of the measuring ball (10) lies on the contour line (19) of the triple prism (17).

(57) Zusammenfassung

Meßkugel-Reflektor für Richtungs- und/oder Abstandsmessungen, der sich dadurch auszeichnet, daß in die Meßkugel (10) ein retroreflektierendes Tripelprisma (17) eingesetzt ist, dessen Basisfläche (18) einen Teil der Meßkugel-Oberfläche (11) ausschneidet und dessen Höhe ungefähr gleich dem Radius der Meßkugel (10) ist, wobei das Zentrum (16) der Meßkugel (10) auf der Höhenlinie (19) des Tripelprismas (17) liegt.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

Meßkugel-Reflektor

Die Erfindung betrifft einen Meßkugel-Reflektor für Richtungs- und/oder Abstandsmessungen.

5 Zur körperlichen Realisierung eines Zielpunktes für geodätische und industrielle Koordinatenmessungen werden häufig Meßkugeln verwendet. Diese sind im allgemeinen metallische Kugeln mit einer spiegelnd reflektierenden Oberfläche, die auf einem Stift befestigt sind. Der Stift wird an dem anzumessenden Koordinatenpunkt im Gelände oder an dem Meßobjekt befestigt.

10 Die Kugel wird z. B. mit einem Zielfernrohr eines Theodoliten anvisiert und durch Fokussierung in einer Bildebene scharf abgebildet. Durch Ausrichtung einer Zielmarke bzw. eines Fadenkreuzes auf die Meßkugel wird die Zielrichtung des Theodoliten koordinatenmäßig festgelegt. Zur Erhöhung der Anzeigegenauigkeit wird oftmals eine spezielle Beleuchtungseinrichtung auf
15 dem Theodolit verwendet und dabei der Lichtreflex auf der spiegelnden Kugeloberfläche als Zielpunkt genommen.

Durch Anvisieren derselben Meßkugel aus einer anderen Zielrichtung, z. B. mit einem weiteren Theodoliten, kann mit Hilfe der bekannten Entfernung der beiden Theodoliten die Entfernung zum Kugelmittelpunkt der Meßkugel
20 berechnet werden. Da der Abstand des Kugelmittelpunktes zum Fußpunkt des Haltestiftes bekannt ist, können auf diese Weise die Koordinaten des Meßpunktes bestimmt werden. Beim Standardverfahren mit gleichzeitiger Messung eines Eichabstandes (Eichlatte) im Objektraum erübrigt sich die Ermittlung des Theodoliten-Abstandes. Zur Vereinfachung der eingesetzten
25 Rechenprogramme sind die Dimensionierung der Meßkugel-Reflektoren und die Länge der Haltestifte normiert. Der Durchmesser der Meßkugel beträgt danach 12,7 mm.

- Neben der Koordinatenmessung über zwei unabhängige Richtungsmessungen und Basisdistanz (Triangulation) ist es auch möglich, polar zu messen, d. h. eine Richtungsmessung mit einer Abstandsmessung zu kombinieren, d. h. einen Theodoliten mit einem Distanzmesser zu
- 5 verbinden. Optische Absolut-Distanzmesser werten die Laufzeit von Lichtimpulsen oder modulierten Lichtstrahlen aus, die am Meßobjekt reflektiert werden. Zur genauen Koordinatenbestimmung eines Meßpunktes ist es wiederum erforderlich, den Zielpunkt körperlich zu realisieren. Da bei der Distanzmessung meistens mit einem parallel ausgerichteten
- 10 Lichtstrahlenbündel gearbeitet wird, haben sich Tripelprismen als Zielreflektoren bewährt. Diese haben die Eigenschaft, daß ein in die Basisfläche eintretendes Parallelstrahlenbündel parallel in sich reflektiert wird, unabhängig von der Neigung der Basisfläche gegenüber der Lichtstrahlenrichtung.
- 15 Die Distanz wird bei senkrechtem Einfall durch den Glaskörper um eine feste Additionskonstante verändert. Der Zielpunkt für die Entfernungsmessung ist die Spitze des Tripelprismas. Da diese aus größeren Entfernungen optisch nicht anvisiert werden kann, ist für die Winkelmessung in der Geodäsie das Tripelprisma mit einer Zieltafel verbunden, die mit dem Theodoliten anvisiert
- 20 wird. Aus der geometrischen Zuordnung zwischen Tripelprisma und Zieltafel sowie deren Halterung zum Meßpunkt können die Koordinaten des Meßpunktes von einem Standort aus bestimmt werden.
- Wie bereits erwähnt, ist es eine wesentliche Eigenschaft des Tripelprismas, daß die Strahlreflexion parallel zum einfallenden Strahl unabhängig von der
- 25 Neigung der Basisfläche des Tripelprismas zur Strahlrichtung ist. Die optische Weglänge ist aber von der Neigung der Basisfläche abhängig. Bei einer Neigung um die Prismenspitze wird der optische Weg nicht-linear proportional zum Neigungswinkel größer. Eine gleiche Abhängigkeit ergibt sich bei einer Neigung um den Fußpunkt der Höhenlinie des Tripelprismas, wobei
- 30 aber durch das Verändern des Ortes der Spitze der gesamte optische Weg verkleinert wird. Diese Veränderung des optischen Weges beeinflusst natürlich die Genauigkeit der Entfernungsmessung. Es ist bekannt, daß die Neigungsabhängigkeit über einen gewissen Winkelbereich minimiert werden

kann, wenn die Neigung um einen auf der Höhenlinie des Tripelprismas liegenden Punkt erfolgt, der etwa $1/3$ der Höhe von der Spitze entfernt ist.

- Neben der visuellen Richtungsmessung kombiniert mit einer absoluten Distanzmessung sind auch Geräte bekannt, bei denen ausgehend von einer
- 5 Startposition eine automatische Zielverfolgung und eine automatische Messung der Entfernungsänderung erfolgt. Die Verkörperung des Vorderflächen-Zielpunktes ist ein aus drei rechtwinklig zueinander stehenden Planspiegeln aufgebauter Tripelspiegel, der so innerhalb einer Kugel angeordnet ist, daß die Spitze des Reflektors auf dem Kugelmittelpunkt liegt.
- 10 Im Gegensatz zu einem Tripelprisma treten bei einem Tripelspiegel keine von der Strahlrichtung abhängigen Ausrichtefehler und Distanzfehler auf.

- Als Meßstrahl wird ein kollimiertes Laserstrahlenbündel verwendet, das über einen in drei Achsen steuerbaren Scanningspiegel auf den Tripelspiegel gerichtet wird. In der entfernungs- und richtungsmäßig bekannten
- 15 Startposition wird der reflektierte Strahl über den Scanningspiegel in das Gerät zurückgeführt und dort sowohl von einem positionsempfindlichen Detektor gemessen als auch einem Interferometer zugeführt. Bei Entfernung der Kugel aus der Startposition muß lediglich darauf geachtet werden, daß der Meßstrahl in die Öffnung des Tripelspiegels fällt. Da der
- 20 Meßstrahlendurchmesser in den Grenzen der auf $1/e^2$ abgefallenen Intensitätsverteilung etwa 4 mm beträgt, der Tripelspiegel aber eine Eintrittsöffnung von etwa 20 mm besitzt, ist dies problemlos möglich. Der positionsempfindliche Detektor steuert dann den Scanningspiegel dem bewegten Tripelspiegel nach, bis dieser im gewünschten Meßpunkt am
- 25 Meßobjekt fixiert wird. Mit dem Interferometer wird der dabei zurückgelegte Weg gemessen. Aus der relativ zum Startpunkt gemessenen Richtungs- und Entfernungsänderung können dann die Koordinaten des Meßpunktes bestimmt werden.

- Aus der Positionierung von in einem Arbeitsraum frei bewegbaren Robotern
- 30 ist es bekannt, an definierten Stellen im Arbeitsraum Retroreflektoren als Referenzpunkte anzubringen. Ausgehend von einer Startposition wird der Sichtbereich des Roboters mit einem Laserstrahl über einen in drei Achsen steuerbaren Scanningspiegel abgescannt bis der Laserstrahl auf einen der

Retroreflektoren fällt. Mit einem Absolutdistanzmesser wird die Entfernung zu den Retroreflektoren gemessen. Bei Bewegung des Roboters wird der Scanningspiegel der Richtung zum Retroreflektor nachgeführt, so daß die Richtungsänderungen des Roboters festgestellt werden können. Wenn die Sicht zu dem Retroreflektor verloren wird, müssen ein neuer Zielrichtungseinfang gestartet und eine neue Abstandsmessung zu einem anderen Retroreflektor gestartet werden.

Aus der DE 44 10 267 A1 ist eine Anordnung zum Kalibrieren einer in drei Koordinatenachsen messenden Meßmaschine bekannt. Auf dem Meßtisch wird ein Eckwürfelreflektor mit einer teilsphärischen Referenzoberfläche auf einem Ständer fest angeordnet. Der Ständer ist in einer Führung entlang einer der Koordinatenachsen der Meßmaschine verschiebbar.

Die Kalibrierung erfolgt in der Weise, daß einerseits die Lage der Referenzoberfläche des Eckwürfelreflektors mit einem Taststift ermittelt und andererseits die Längsverschiebung des retroreflektierenden Eckwürfels mit einem Interferometer gemessen wird. Der Retroreflektor weist einen Knotenpunkt auf, der auf der Meßachse des Interferometers liegt und um den sich der Retroreflektor neigen kann, ohne die Abstandsmessung signifikant zu beeinträchtigen. Die Referenzoberfläche ist relativ zum Knotenpunkt genau positioniert. Bei einer sphärischen Referenzoberfläche ist diese zum Knotenpunkt zentriert.

Der Knotenpunkt dient als Referenzmeßpunkt für die interferometrische Messung, und der Durchstoßpunkt der interferometrischen Meßachse mit der sphärischen Referenzoberfläche dient als Referenzmeßpunkt für den Taststift. Beide Referenzmeßpunkte liegen also in Meßrichtung hintereinander. Außerdem ist die Führungsbahn für den Ständer gegenüber der Meßachse des Interferometers parallel versetzt. Ungenauigkeiten in der Führungsbahn führen zu einem transversalen Versatz des Knotenpunktes und zu Kippungen des Retroreflektors um den Fußpunkt des Ständers, so daß ebenfalls eine Verlagerung des Knotenpunktes resultiert.

Da der Knotenpunkt als Referenzmeßpunkt für die interferometrische Abstandsmessung dient, bedeutet jede transversale Verlagerung eine Veränderung der Meßrichtung gegenüber der zu kalibrierenden

Koordinatenrichtung der Meßmaschine. Um die daraus folgenden Meßfehler gering halten zu können, muß auf eine möglichst präzise Führungsbahn geachtet werden. Zusätzlich kann durch Antastung der sphärischen Referenzoberfläche in drei verschiedenen Positionen die transversale Ablage
5 gemessen und in einer Ausgleichsrechnung berücksichtigt werden.

Bei Tripelspiegeln kann aus mechanischen Gründen eine bestimmte Baugröße nicht unterschritten werden, da die Spiegel für ihre Stabilität eine gewisse Dicke aufweisen müssen. Ein anderer Nachteil besteht darin, daß sich in der offenen Spitze des Reflektors Verunreinigungen, wie z. B.
10 Staubkörner, festsetzen können, die schwierig zu entfernen sind und dabei auch die Gefahr einer Verletzung der metallischen Spiegelschicht besteht. Die Strahlenreflexion in der Spiegelspitze ist jedoch für die Meßgenauigkeit entscheidend. Außerdem ist zu beachten, daß die Güte der inneren Kanten des Tripelspiegels wegen der Kittung der drei Planspiegelelemente Probleme
15 bereitet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zurgunde, einen Meßkugel-Reflektor anzugeben, der sowohl für visuelle als auch automatische Richtungsbestimmung geeignet ist, und der sowohl für eine absolute als auch relative Distanzmessung einsetzbar ist. Darüber hinaus sollte seine
20 Dimensionierung entsprechend der Normgröße bekannter Meßkugel-Reflektoren möglich sein.

Diese Aufgabe wird bei einem Meßkugel-Reflektor der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß in die Meßkugel ein retroreflektierendes Tripelprisma eingesetzt ist, dessen Basisfläche einen Teil der Meßkugel-Oberfläche
25 ausschneidet und dessen Höhe ungefähr gleich dem Radius der Meßkugel ist, wobei das Zentrum der Meßkugel auf der Höhenlinie des Tripelprismas liegt.

Vorteilhafte Ausgestaltungen dieser Konstruktion ergeben sich aus den Merkmalen der Unteransprüche.

30 Gegenüber einem aus Spiegeln zusammengesetzten Tripelspiegel hat ein Tripelprisma den Vorteil, daß es beliebig klein dimensioniert werden kann. Insbesondere kann es dem genormten Durchmesser einer Meßkugel von 12,7 mm optimal angepaßt werden, wobei gleichzeitig noch eine gute

Anpassung der Größe der Basisfläche an den Durchmesser des Laserstrahls für ein Interferometer, die Winkelmessung und einen Absolutdistanzmesser und auch eine spezielle Reserve für einen ausreichenden Neigungswinkel gegenüber der Strahlrichtung gegeben sind.

- 5 Bei einem Tripelprisma entfallen darüber hinaus die auftretenden Probleme bei einer Verunreinigung der Reflektorspitze. Außerdem können die Kanten des Tripelprismas optimal fein gemacht werden.

- Durch die erfindungsgemäß vorgesehene Höhe des Tripelprismas ist es möglich, den durch den Kugelmittelpunkt vorgegebenen Drehpunkt in das
10 Tripelprisma hinein zu verlegen. Damit ist eine Minimierung der neigungsabhängigen optischen Wegunterschiede in dem Tripelprisma möglich.

- Da bei einer automatischen Koordinatenmessung die Spitze des Tripelprismas nicht nur Zielpunkt für die Abstandsmessung ist, sondern auch
15 die Zielrichtung festlegt, war zu untersuchen, inwieweit bei einer Neigung des Tripelprismas um einen unterhalb der Spitze liegenden Punkt die Richtungsmessung verfälscht wird. Überraschenderweise hat sich dabei ergeben, daß derselbe Drehpunkt, bei dem die optischen Wegunterschiede über den Neigungsbereich gleichmäßig minimiert sind, auch die
20 Winkelabweichung durch Auswandern der Spitze des Tripelprismas minimiert.

- Da die Basisfläche des Tripelprismas nur einen Teil der Oberfläche der Meßkugel einnimmt, kann der verbleibende Teil spiegelnd ausgeführt sein, so daß weiterhin ein visuelles Anvisieren möglich ist. Wird die Meßkugel aus
25 einem magnetischen Material hergestellt, kann die Befestigung auf dem üblichen Schaft durch Magnetkraft erfolgen, wobei die Auflage eine Dreipunktlagerung sein kann, so daß die Meßkugel in alle Richtungen gedreht werden kann. Das ermöglicht bei im Meßpunkt fest eingespanntem Schaft sowohl eine einfache Ausrichtung auf den Meßstrahl, als auch eine
30 optimale Einstellung der spiegelnden Fläche auf die Visierrichtung aus zwei unterschiedlichen Meßgeräten. Außerdem kann die Meßkugel bei Verwendung eines Zielverfolgungssystems mit relativer Abstandsmessung von einem Meßpunkt zum anderen verlegt werden.

Durch Reduzierung der dreieckigen Basisfläche des Tripelprismas und des daran anschließenden Prismenbereichs auf einen zur Höhenlinie rotationssymmetrischen Zylinder wird eine besonders einfache Montage für das Einsetzen des Prismas in die Meßkugel geschaffen. In die Kugel braucht
5 lediglich eine zentrische Bohrung eingebracht zu werden, in die das Tripelprisma eingesetzt wird. Die kreisförmige Basisfläche kann dabei mit dem Bohrungsrand abschließen oder geringfügig unterhalb dieses Randes liegen, so daß sie vor Beschädigungen bei Auflegen der Meßkugel auf einer ebenen Unterlage geschützt ist.

10 Der erfindungsgemäße Meßkugel-Reflektor wird nachstehend anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben. Dabei zeigen

Fig. 1 einen Schnitt durch den Meßkugel-Reflektor

Fig. 2 eine Draufsicht auf den Meßkugel-Reflektor

15 Fig. 3 eine Draufsicht auf das vollständige Tripelprisma

Fig. 4 einen Schnitt durch das Tripelprisma längs einer Dachkante

In Fig. 1 ist im Schnitt eine Meßkugel 10 dargestellt. Sie besteht aus einem magnetischen Metall. Ihre Oberfläche 11 ist spiegelnd poliert. In den Kugelkörper ist zentrisch eine Bohrung 12 eingebracht. Das Zentrum des
20 Kugelkörpers ist mit 16 bezeichnet. In die Bohrung 12 weist eine Gewindebohrung 13, die auf die Spitze des noch zu beschreibenden Tripelprismas gerichtet ist. Eine weitere Gewindebohrung 14 steht senkrecht dazu. Ihr gegenüber befindet sich ein Einfülloch 15 für einen Kitt. Weitere Paare 14/15 befinden sich jeweils 60° versetzt auf dem Umfang des
25 Kugelkörpers.

In die Bohrung 12 ist ein Tripelprisma 17 eingesetzt. Dieses besteht aus einem optischen Glas. Die Dachflächen sind metallisch belegt und mit Schutzlack geschützt. Die Basisfläche 18 ist kreisförmig. Sie liegt zum Schutz gegen Beschädigungen bei der Ablage der Meßkugel auf einer ebenen
30 Fläche geringfügig tiefer als der Rand der Bohrung 12. Die Höhenlinie des Tripelprismas 17 ist mit 19 bezeichnet. Das Zentrum 16 des Kugelkörpers liegt etwa ein Drittel der Höhe des Tripelprismas unterhalb der Spitze.

Zur Ausrichtung der Basisfläche 18 des Tripelprismas 17 senkrecht zur Achse 12' der Bohrung 12 werden Stifte in die Gewindebohrungen 13/14 eingedreht. Dabei können auch Fertigungstoleranzen in der Höhe des Tripelprismas, die zu unterschiedlichen optischen Wegen in dem Prisma führen, ausgeglichen werden, indem die Lage der Spitze zum Drehpunkt auf eine einheitliche Additionskonstante für den Glasweg abgeglichen wird. Nach der Ausrichtung wird durch die Einfülllöcher 15 ein geeigneter Kitt in die Bohrung 12 eingebracht, der das Tripelprisma 17 fixiert und gegen thermische Spannungen und Erschütterungen sichert. Dabei hat sich ein Silikonkitt besonders bewährt.

Das von dem dargestellten Meßkugel-Reflektor aufgenommene Meßstrahlenbündel weist einen Durchmesser 20 auf. Die Basisfläche 18 des Tripelprismas 17 kann gegenüber diesem Strahlenbündel um einen Winkel 21 nach allen Richtungen geneigt werden, ohne daß sich die Qualität des aus dem reflektierten Strahlenbündel abgeleiteten Meßsignals verschlechtert und ohne daß die Genauigkeit der Richtungs- und Abstandsmessung aus dem geforderten Toleranzbereich herausfallen.

In einem praktischen Ausführungsbeispiel konnte in einer Meßkugel vom Normdurchmesser 12,7 mm (0,5") ein Tripelprisma eingesetzt werden, das ein Meßstrahlenbündel von etwa 4,5 mm Durchmesser innerhalb eines Neigungsbereichs von $\pm 15^\circ$ sicher reflektiert. Der Distanzfehler lag dabei bei etwa 1,5 μm . Der Richtungswinkelfehler entsprach dabei einer Ablage des Zielpunktes von etwa $\pm 10 \mu\text{m}$.

In Fig. 2 ist der Meßkugel-Reflektor in einer Draufsicht auf die Basisfläche 18 des Tripelprismas 17 gezeigt, um die kreisförmige Strahleneintrittsfläche darzustellen. In der Draufsicht sichtbar sind die auf die Spitze zulaufenden Dachkanten 22 und ihre Reflexionen 23 an den gegenüberliegenden Dachflächen.

Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf das vollständige Tripelprisma 17 und einen zentrisch zum Fußpunkt der Höhenlinie unter der Spitze des Prismas liegenden Innenkreis 24, der den Querschnitt des Zylinders bildet, auf den die Basis des Tripelprismas reduziert wird.

Fig. 4 zeigt einen Querschnitt durch das Tripelprisma nach Fig. 3 längs der Schnittlinie 25. Die Reduktion des Basisbereichs auf einen Zylinder führt dabei zu unterschiedlich hohen Seitenflächen 26/27, wie sie auch in Fig. 1 dargestellt sind. Die Justierstifte werden zweckmäßigerweise auf die höheren
5 Seitenflächen 26 gerichtet.

Patentansprüche

- 1) Meßkugel-Reflektor für berührungslose Richtungs- und/oder Abstandsmessungen, wobei die Meßkugel in einer Auflage frei drehbar gehalten wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die Meßkugel (10) ein
5 retroreflektierendes Tripelprisma (17) eingesetzt ist, dessen Basisfläche (18) einen Teil der Meßkugel-Oberfläche (11) in der Weise ausschneidet, daß die Umfangslinie der Basisfläche (18) des Tripelprismas (17) unter der Oberfläche (11) der Meßkugel (10) liegt und dessen Höhe ungefähr gleich dem Radius der Meßkugel (10) ist, wobei das Zentrum (16) der Meßkugel
10 (10) auf der Höhenlinie (19) des Tripelprismas (17) liegt.
- 2) Meßkugel-Reflektor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abstand der Spitze des Tripelprismas (17) vom Zentrum (16) der Meßkugel (10) etwa ein Drittel der Höhe des Tripelprismas (17) beträgt.
- 3) Meßkugel-Reflektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch**
15 **gekennzeichnet**, daß das Tripelprisma (17) in seinem Basisbereich auf einen zur Höhenlinie (19) rotationssymmetrischen Zylinder reduziert ist.
- 4) Meßkugel-Reflektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßkugel (10) eine Bohrung (12) aufweist, in die das Tripelprisma (17) eingefügt ist.
- 20 5) Meßkugel-Reflektor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die Bohrung (12) von außen zugängliche Justierelemente hineinragen, auf denen das Tripelprisma (17) aufliegt.
- 6) Meßkugel-Reflektor nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Tripelprisma (17) nach seiner Justierung in der Bohrung (12) durch einen
25 dauerelastischen Kitt fixiert ist.

- 7) Meßkugel-Reflektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Oberfläche (11) der Meßkugel (10) spiegelnd ist.
- 5 8) Meßkugel-Reflektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßkugel (10) aus magnetischem Material besteht.

Fig.1

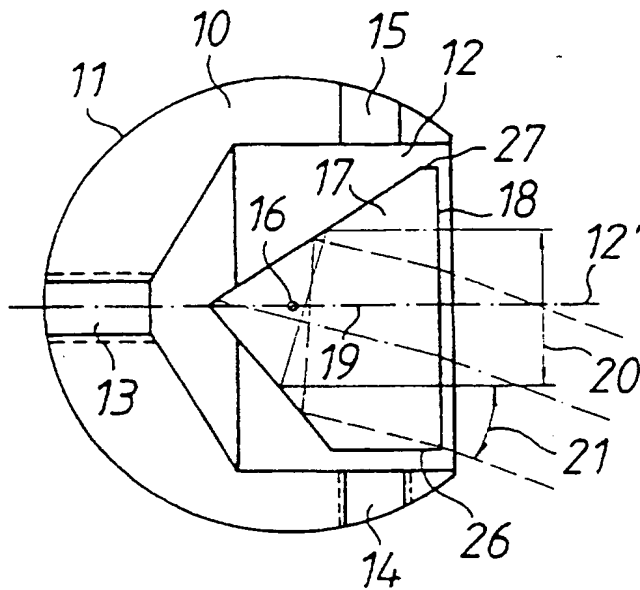


Fig.2

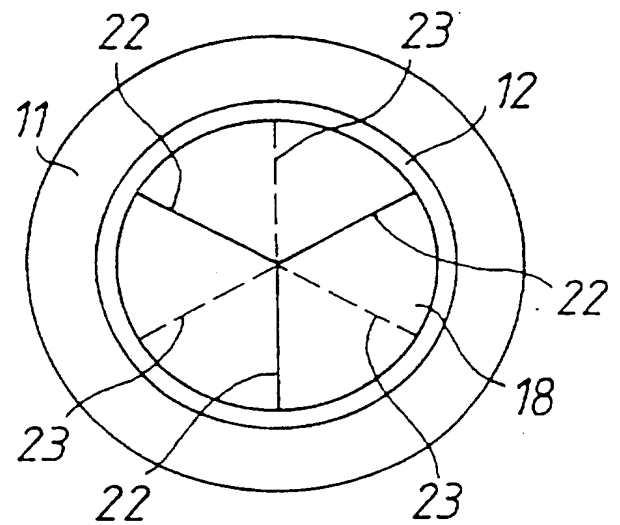


Fig.4

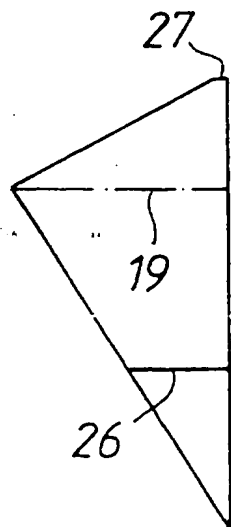
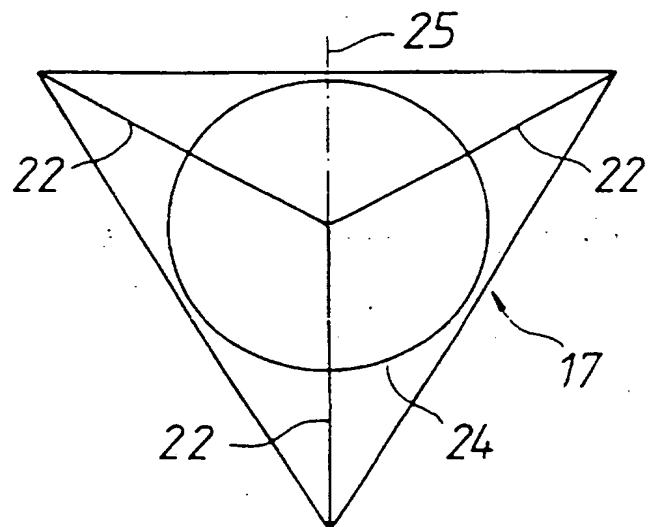


Fig.3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Application No.
PCT/EP 97/00216

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01C15/02 G02B5/122 G01B11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01C G02B G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 44 10 267 A (RENISHAW PLC) 29 September 1994 cited in the application see abstract; figure 2 ---	1
A	ZEITSCHRIFT FUR VERMESSUNGSWESEN, JUNE 1988, WEST GERMANY, vol. 113, no. 6, ISSN 0340-4560, pages 249-258, XP000671633 HEISTER H: "Zur Fehlausrichtung von Tripelprismen" see the whole document ---	1
A	US 4 519 674 A (BUCKLEY GALEN L ET AL) 28 May 1985 see abstract; figures --- -/--	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 April 1997

Date of mailing of the international search report

10.06.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hoekstra, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 97/00216

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 32 14 998 A (ZEISS CARL FA) 3 November 1983 see abstract -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/EP 97/00216

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4410267 A	29-09-94	GB 2276455 A,B JP 6300522 A US 5446545 A	28-09-94 28-10-94 29-08-95
US 4519674 A	28-05-85	NONE	
DE 3214998 A	03-11-83	CH 662882 A JP 3026770 B JP 58191920 A US 4509269 A	30-10-87 11-04-91 09-11-83 09-04-85

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 97/00216

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G01C15/02 G02B5/122 G01B11/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G01C G02B G01B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 44 10 267 A (RENISHAW PLC) 29. September 1994 in der Anmeldung erwähnt siehe Zusammenfassung; Abbildung 2 ---	1
A	ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN, JUNE 1988, WEST GERMANY, Bd. 113, Nr. 6, ISSN 0340-4560, Seiten 249-258, XP000671633 HEISTER H: "Zur Fehlausrichtung von Tripelprismen" siehe das ganze Dokument ---	1
A	US 4 519 674 A (BUCKLEY GALEN L ET AL) 28. Mai 1985 siehe Zusammenfassung; Abbildungen --- -/-	1

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- * 'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
 - * 'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
 - * 'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
 - * 'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
 - * 'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- * 'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- * 'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- * 'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- * 'Z' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. April 1997

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10. 06. 97

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hoekstra, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 97/00216

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 32 14 998 A (ZEISS CARL FA) 3. November 1983 siehe Zusammenfassung -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/00216

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4410267 A	29-09-94	GB 2276455 A,B JP 6300522 A US 5446545 A	28-09-94 28-10-94 29-08-95
US 4519674 A	28-05-85	KEINE	
DE 3214998 A	03-11-83	CH 662882 A JP 3026770 B JP 58191920 A US 4509269 A	30-10-87 11-04-91 09-11-83 09-04-85